كيف يعمل

التليفزيون

محمود توفيق

2013



دار الشروق

كيف يعمل
التليفزيون؟

سلسلة الشروق العلمية

كيف يعمل

التليفزيون

اشراف : الدكتور سيد رمضان هدارة

دار الشروق

بيروت : ص.ب : ٨٠٦٤ - هاتف : ٣١٥٨٥٩ - ٣١٥١٠١ - برقيا : داشروق
القاهرة : ١٦ شارع جواد حسني - هاتف : ٧٥٤٣١٤ - برقيا : شروق القاهرة

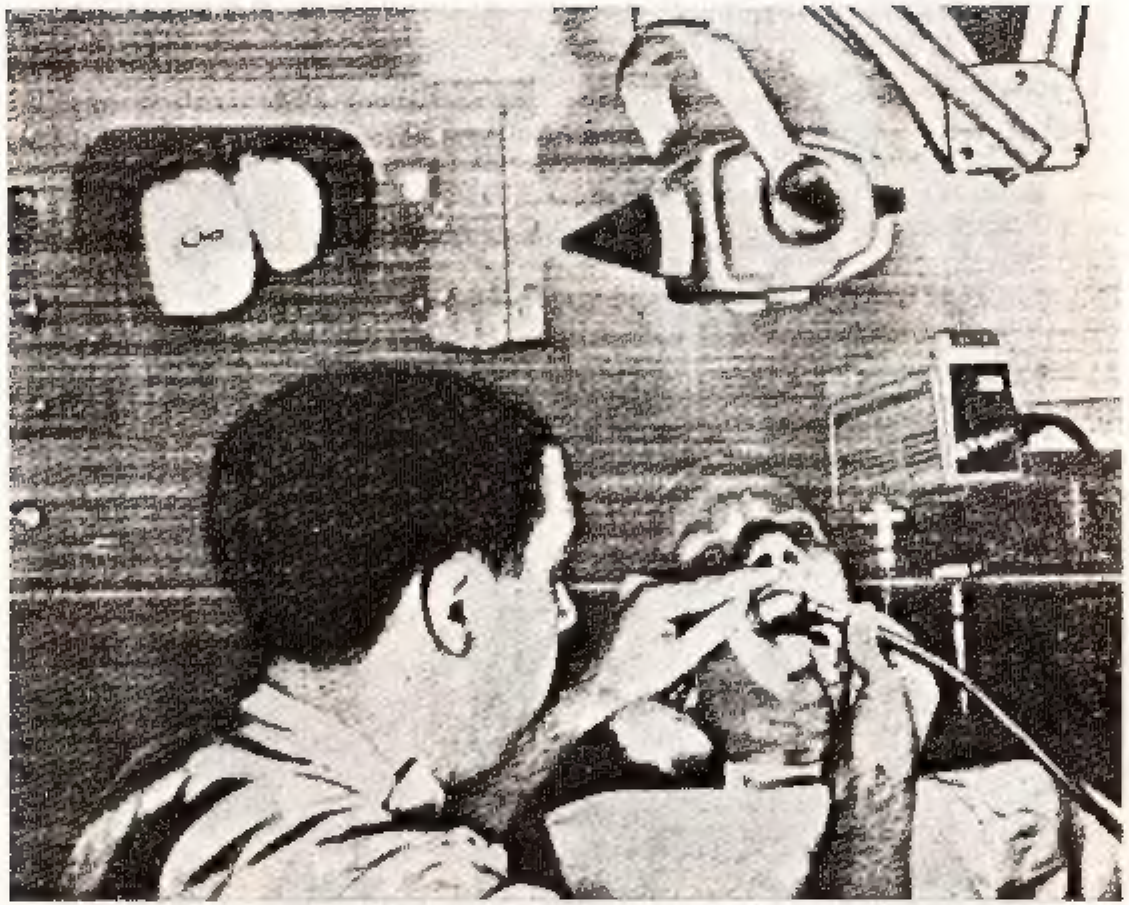
الطبعة الثالثة
مزيدة ومنقحة
١٩٧٩

المحتويات

مقدمة

شهد القرن العشرين كثيراً من المنجزات العلمية ، قامت عليها حضارة تميزت عن الحضارات السابقة عبر التاريخ ، بانتشارها في الأرجاء المترامية من العالم ، وتجاوزها الحدود الجغرافية للأقطار والمناطق . فلم نعد نتحدث عن حضارة شعب من الشعوب أو منطقة من المناطق مثل الحضارة المصرية القديمة ، أو الحضارة الإسلامية ، أو الحضارة الصينية أو عصر النهضة في أوروبا ولكننا نتحدث الآن عن حضارة القرن العشرين ، فهي حضارة اختص بها الزمان ، وذابت أمامها حدود البلدان . ولعل من الأسباب الرئيسية لذلك سهولة الاتصال والانتقال ، عبر المسافات البعيدة وتخطي الصعاب والحواجز التي كانت تعوق الاتصال المباشر بين الناس في مختلف البقاع .

وكان الفضل الأول لتيسير الاتصال السريع المباشر ، لعلم الالكترونيات الذي بدأت معرفة الانسان به في السنوات الأخيرة من القرن الماضي باكتشاف الالكترون ، والذي نما خلال الثمانين عاماً التي انقضت ، منذ ذلك التاريخ حتى الآن ، بمعدل فاق جميع التوقعات ، حتى أصبحت قصته في سرعة تتابع أحداثها أشبه بالقصص الخيالية . والآن نرى



استخدم التليفزيون لتشخيص أمراض الأسنان ، وترى الكاميرا التليفزيونية الصغيرة داخل فم المريض ، والصورة مكبرة على الشاشة التليفزيونية (ص) .

انجازات هذا العلم أمامنا في عدد يصعب حصره من المجالات . نراها في المصانع تتحكم في أداء الآلات والمكنات ونراها في المستشفيات وعيادات الأطباء ، تساعد على تشخيص الأمراض وعلاجها ، ونراها في معامل التحليل ، ومعامل البحوث . كما أنها تكون جزءاً أساسياً في معدات القوات المسلحة البرية والبحرية والجوية . لقد تعددت انجازات هذا العلم ، وتحققت من خلاله المعجزات فجعل الآلات تؤدي جزءاً كبيراً من الأعمال التي تميز بها الانسان زمناً طويلاً . فلدينا الآن الحاسبات الالكترونية التي فاقت قدراتها قدرات الإنسان الحسابية وكذلك الإنسان الآلي الذي يأتمر بأوامر الإنسان البشري ، فيطيعه ولا يعصي له أمراً .

وفي السنوات الأخيرة من النصف الأول من هذا القرن ، ظهرت معجزة الكترونية تغلغلت في حياة الأفراد والأسر ، وكان لها أثر بعيد في سلوكهم وعاداتهم . تلك المعجزة هي التليفزيون ، ذلك الصندوق السحري ذو الواجهة الزجاجية الذي يحتل مكاناً مرموقاً من المنزل ، يجلس إليه أفراد الأسرة مسترخين . يستمتعون بما تظهره الواجهة الزجاجية من صور لأحداث تنقل إليهم وقت وقوعها ، فيشاهدون المباريات الرياضية في حينها ، ويستمتعون بالمشاركة في الاحتفالات



العامة ، ومشاهدة المسرحيات ، والندوات الثقافية ، وجملة القول يعيشون الاحداث أينما تقع في لحظة وقوعها . ولا يقتصر الأمر على ذلك ، فالتليفزيون الآن عين الأمن الساهرة ، يمكن للحارس من خلاله رؤية جميع المنافذ والأماكن الهامة في المؤسسة التي يحرسها ، وهو العين التي يتابع بها المسؤولون سير العمل في مختلف المواقع التي يشرفون عليها ، وهو وسيلة عظيمة النفع في التعليم . إنه حلم تحقق ، فحقق لنا أحلاماً ظنناها أبعد منالاً ، فمن خلاله رأينا رواد الفضاء يهبطون على القمر ، ومن خلاله شاهدنا الدورات الأولمبية ، وعشنا الاحداث الهامة في مختلف بقاع العالم .

وسوف نتناول في هذا الكتيب طريقة عمل هذا الجهاز السحري ، لنلقي الضوء على مكوناته ، وكيف ينقل الصوت والصورة من مواقع الأحداث إلى جهازنا الصغير في المنزل ، وكيف تطور لكي تزداد الصورة صدقاً في تعبيرها عن الواقع ، فتأتي لنا بألوانها الطبيعية ، بدلاً من ظهورها بدرجات متفاوتة بين الأبيض والأسود .

ولكن يجدر بنا قبل معالجة كل هذه التفصيلات أن نستعيد بعض المعلومات عن الكهرباء وسلوك الالكترونات ، وفعل الضوء في إطلاقها من السطوح المعدنية .

كهرباء من الضوء

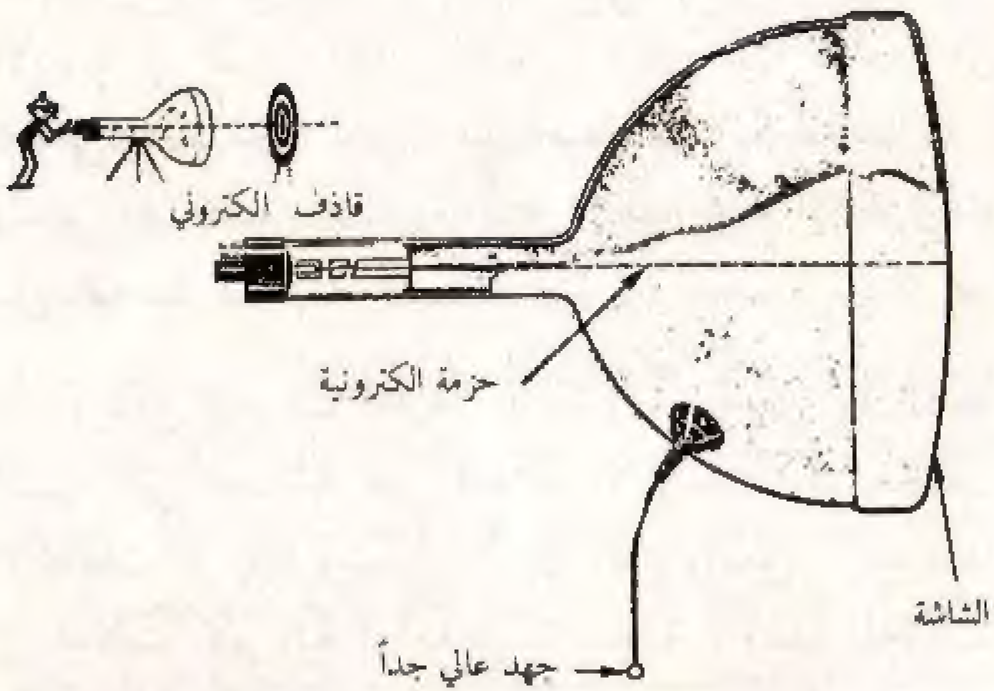
من بين الاكتشافات الهامة التي تميز بها مطلع القرن العشرين ظاهرة «الكهروضوئية» أي انطلاق الالكترونات من سطوح بعض المعادن عندما يسقط عليها الضوء . فإذا وضعنا قرصاً معدنياً مغطى بطبقة من معدن السيلينيوم في انبوبة زجاجية مفرغة وأسقطنا ضوءاً على هذه الطبقة انطلقت الالكترونات من السطح . وحيث أن القرص كان في بادئ الأمر متعادلاً كهربائياً ، فإنه يصبح موجب التكهرب بفقده بعض الالكترونات ، التي هي سالبة الشحنة . وإذا وضع أمام هذا القرص لوحاً معدنياً موصلاً بالقطب الموجب لبطارية كهربائية عالية الجهد نسبياً ، ووصل القطب السالب لهذه البطارية بالقرص المغطى بالسيلينيوم ، فإن الالكترونات المنطلقة بفعل الضوء تنجذب نحو اللوح المتصل بالقطب الموجب ، وينساب تيار كهربائي في الدائرة . ولقد وجد أن عدد الالكترونات المنطلقة من سطح المعدن ، وبالتالي شدة التيار الناتج ، يتوقف على شدة الضوء الساقط ، فيزيد عدد الالكترونات بزيادة شدة الضوء ويقل بخفوته . وتسمى هذه المجموعة بالخلية «الكهروضوئية» ، وتستخدم هذه الخلية في أداء وظائف كثيرة ، منها على سبيل المثال ، التحكم في العمليات

الصناعية وفتح الأبواب وإغلاقها اتوماتياً ، واستحداث الصوت في العروض السينمائية .

وظاهرة « الكهروضوئية » هي الأساس في عمل الكاميرا التليفزيونية ، كما سنوضح فيما بعد . ويكفي أن نعلم الآن أن **بعض المعادن تطلق الكترونات عندما تتعرض للضوء ، ويزيد عدد الالكترونات بزيادة شدة الضوء أي بزيادة استضاءة السطح ، وتقل الالكترونات بنقص شدة الضوء أي بخفوت استضاءة السطح . أو بمعنى آخر تزيد شحنة السطح الموجبة بزيادة استضاءته ، وتقل هذه الشحنة بخفوت الاستضاءة .**

قلم من الالكترونات

إذا سخن فتيل مصنوع من سلك معدني مثل التنجستن ، إلى درجة التوهج ، فإنه يبعث بفيض من الالكترونات ، وإذا وضع هذا الفتيل في انبوبة مفرغة من الهواء ، ووضع أمامه حلقة معدنية موجبة التكهرب اندفعت الالكترونات نحو الحلقة لتمر من خلالها . وتسمى هذه الالكترونات المنسابة من الفتيل إلى الحلقة بالحزمة الالكترونية . ولقد وجد أنه من الممكن معاملة الحزمة الالكترونية كما لو كانت



انبوبة أشعة المهبط

حزمة ضوئية ، فيمكن تجميع الحزمة الالكترونية ، وتفريقها بوسائل كهربائية ومغنطيسية ، تؤدي الوظائف التي تؤديها العدسات البصرية من حيث تجميع الحزمة الضوئية وتفريقها. وبذلك يمكن تجميع الحزمة الالكترونية بفعل «العدسات الكهربائية والمغنطيسية» ، بحيث تلتقي في نقطة على قاعدة الأنبوبة في الطرف المقابل للفتيل . وتطلى هذه القاعدة من الداخل بمادة معينة تضيء عند اصطدام الالكترونات بها . وتسمى هذه الظاهر «بالفلورة» ، فترى نقطة تجمع الالكترونات على القاعدة نقطة مضيئة .

ويمكن تحريك الحزمة الالكترونية ، ومن ثم النقطة المضيئة التي تحدثها على قاعدة الانبوبة ، في مختلف الاتجاهات ، يميناً ويساراً ، وإلى أعلى وأسفل ، بإمرارها في مجالات كهربائية أو مغنطيسية مناسبة . وتنشأ المجالات الكهربائية بين لوحين معدنيين مسلط عليهما فرق جهد مناسب . كما تنشأ المجالات المغنطيسية بإمرار تيار كهربائي مناسب في ملف يحيط بعنق الانبوبة التي تمر فيها الحزمة الالكترونية . وتسمى مجموعة الفتيل ، أو العدسات الكهربائية والمغنطيسية ، التي تجمعها بـ « قاذف الالكترونات » . ويكوّن قاذف الالكترونات جزءاً هاماً في الكاميرا التليفزيونية ، وفي إظهار

الصورة على شاشة جهاز الاستقبال ، التي هي في الواقع قاعدة الأنبوبة التي تحتوي على القاذف ، والمغطاة من الداخل بمادة متفلورة ، تضيء بسقوط الالكترونات عليها .

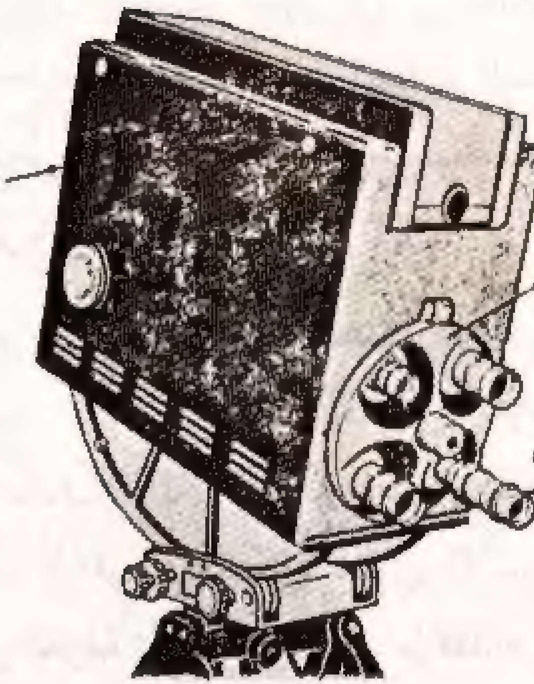
صورة المنظر تتحول إلى تيار كهربائي متغير

إن الأساس في نقل صور المناظر تليفزيونياً هو تجزئة صورة المنظر أجزاء صغيرة جداً ، بحيث يحدث كل جزء ، على التتابع ، شحنة كهربائية تتناسب مع شدة استضاءته . ويتكون من تتابع هذه الشحنات الكهربائية التي تتفاوت في مقاديرها تيار كهربائي متغير يشبه التيار الكهربائي الذي يحدثه الميكروفون ، عندما يحول الصوت إلى تيار كهربائي متغير الشدة . وترسل التيارات الكهربائية هذه محمولة على موجات كهرومغنطيسية عالية التردد ، فليتقطها هوائي جهاز الاستقبال التليفزيوني ، الذي يعيد تركيب الصورة من جديد لتظهر على شاشته .

ولنرى الآن الطرق التي تتم بها هذه العمليات ، ابتداء من تصوير المنظر في استوديو التليفزيون إلى ظهوره في الوقت نفسه تقريباً على شاشة جهاز الاستقبال .

الكاميرا التليفزيونية

إن وظيفة الكاميرا التليفزيونية هي تجزئة الصورة وإرسال أجزائها تباعاً على هيئة تيار كهربائي متغير . ويتلخص أساس عمل هـذه الكاميرا فيما يـلي : تستخدم مجموعـة عدسات بصرية ، لتكوين صورة فوتوغرافية ، بنفس الطريقة التي تعمل بها آلة التصوير الفوتوغرافي ، ولكن يستبدل باللوح الحساس العادي ، أو الفيلم ، هنا ، لوح من الميكا مرصع بمئات الألوف من حبيبات الفضة المغطاة بطبقة من معدن السيلينيوم ، وهكذا تتكون صورة فسيفسائية ، تحمل كل حبيبة فضية جزءاً ضئيلاً منها . والوجه الآخر من لوح الميكا مغطى بطبقة معدنية رقيقة متصلة بسلك ، هو مخرج التيار الكهربائي ، كما يسميه مهندسو الالكترونيات «مخرج اشارة الصورة» . وهذا اللوح الفسيفسائي موضوع في نهاية انبوبة «قاذف الالكترونات» . والمعروف أن معدن السيلينيوم من المعادن التي تتأثر بالضوء ، طبقاً لظاهرة الكهروضوئية ، أي تنطلق منه الالكترونات نتيجة لسقوط الضوء عليه ، وعلى ذلك تكتسب كل حبيبة من حبيبات الفسيفساء شحنة موجبة متناسبة مع شدة استضاءتها ، فالحبيبة المكونه لجزء مضيء من الصورة تكتسب شحنة موجبة أكبر من تلك التي تكتسبها



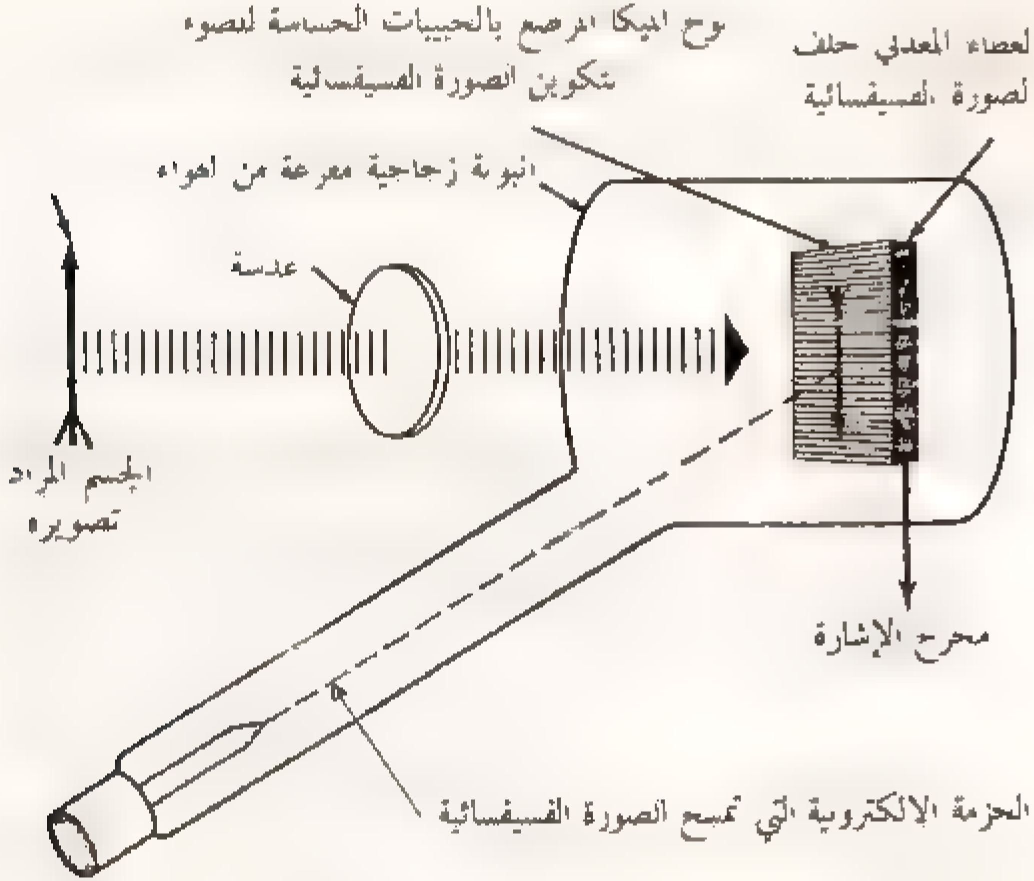
الكاميرا التليفزيونية

الحبيبة المكونة لجزء خافت من الصورة . ونتيجة للشحنات الكهربائية المتكونة على حبيبات الفسيفساء تتكون شحنة كهربائية سالبة مساوية لمجموع شحنات الفسيفساء على الغطاء المعدني للوجه الآخر من لوح الميكا وهذه خاصية كهربائية يسميها الفيزيقيون الحث الكهربائي . وهكذا أمكن تجزئة الصورة إلى أجزاء ضئيلة تحملها حبيبات الفسيفساء المعدنية . وعلينا الآن تحويل هذه الأجزاء إلى نبضات كهربائية متتابعة أي تيار كهربائي متغير الشدة .

ويتم تحويل الصورة إلى نبضات كهربائية متتابعة بعملية تسمى «المسح الالكتروني» ، فتنطلق حزمة الالكترونات المجمعة من القاذف الالكتروني لتسقط على إحدى الحبيبات ، ولتكن الحبيبة الواقعة في الركن العلوي الايسر من الصورة ، عندئذ تعوض الحزمة تلك الحبيبة عن ما فقدته من الالكترونات بفعل الضوء الذي أحدثته الصورة ، وتزودها بعدد مماثل من الالكترونات فتصبح متعادلة . وبالحث الكهربائي ، تنقص شحنة الوجه الآخر للوح الميكا ، بمقدار مماثل . وحيث أنه من الممكن تحريك الحزمة الالكترونية ، كما سبق أن شرحنا ، فإن حركة الحزمة أفقياً من شأنه معادلة حبيبات الفسيفساء الواحدة تلو الأخرى ، وإحداث تغيرات متتابعة

في شحنة الوجه الآخر للوح الميكا ، واحداث نبضات كهربائية متتابعة ومتفاوتة المقدار ، أي تيار كهربائي مختلف الشدة يخرج من «مخرج الاشارة» .

والمتبع عادة أن يكون مسح الصورة في خطوط أفقية من اليسار إلى اليمين ، ولو أنها تميل قليلاً على الأفقي ، فإذا ما وصلت الحزمة إلى النهاية اليمنى للصورة بطل عملها لتبدأ



رسم توضيحي للكاميرا التليفزيونية

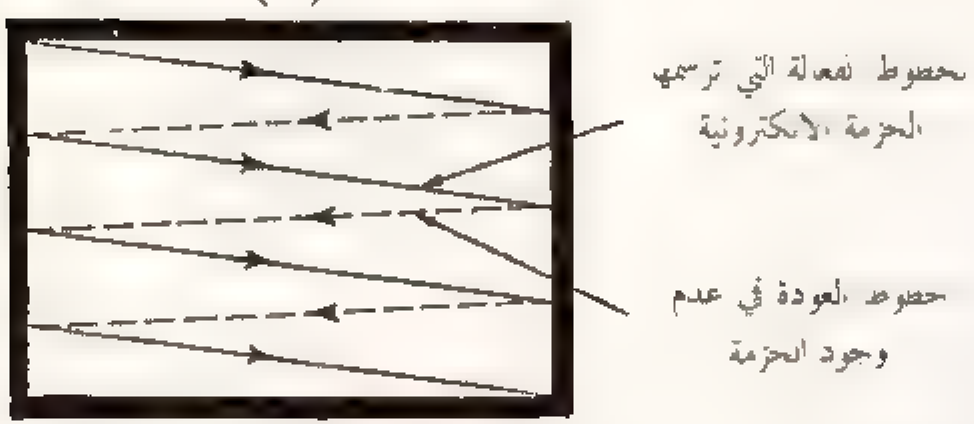
الخط التالي إلى أسفل من اليسار ، وهكذا يستمر انتقال الحزمة الالكترونية خطا خطا حتى تمسح الصورة بأكملها في ٦٢٥ خطاً بمعدل ٢٥ مرة في الثانية الواحدة . ولا يتم مسح الصورة في الخطوط المتتابعة بالتسلسل العددي ، ولكن تمسح الخطوط الفردية أولاً أي الخطوط رقم ١ ، ٣ ، ٥ ، ٧ ، الخ حتى ٣١٢,٥ خطاً ، وتعرف هذه الخطوة بالمجال الفردي للصورة ، ثم تعود الحزمة الالكترونية لتمسح الخطوط التي تركتها ابتداء من الخط رقم ٢ ثم ٤ ، ٦ ... إلخ إلى نهاية الصورة ، وتعرف هذه الخطوط باسم المجال الزوجي للصورة . وبهذه الطريقة نرى الحزمة الالكترونية ترسم مجالين متحابكين للصورة الواحدة يشمل كل منهما ٣١٢,٥ خطاً ، وتشمل الصورة الكاملة ٦٢٥ . وكل هذا يحدث في زمن قدره ١/٢٥ من الثانية ، أي أنه خلال ثانية واحدة يتم مسح ١٨٧٥٠ خطاً . وإذا كان الخط الواحد يتكون من ٧٠٠ حبيبة فسيفسائية فإن ذلك يعني أن ١٣ ١٢٥ ٠٠٠ جزءاً من أجزاء الصورة يتحول إلى نبضات كهربائية في الثانية الواحدة .

وتكون هذه النبضات الكهربائية ضعيفة جداً ، ويلزم تكبيرها . وكانت فيما مضى تكبر بعد خروجها من الكاميرا التليفزيـونية بوساطة دوائر الكترونية خاصة . أما الآن فلقد

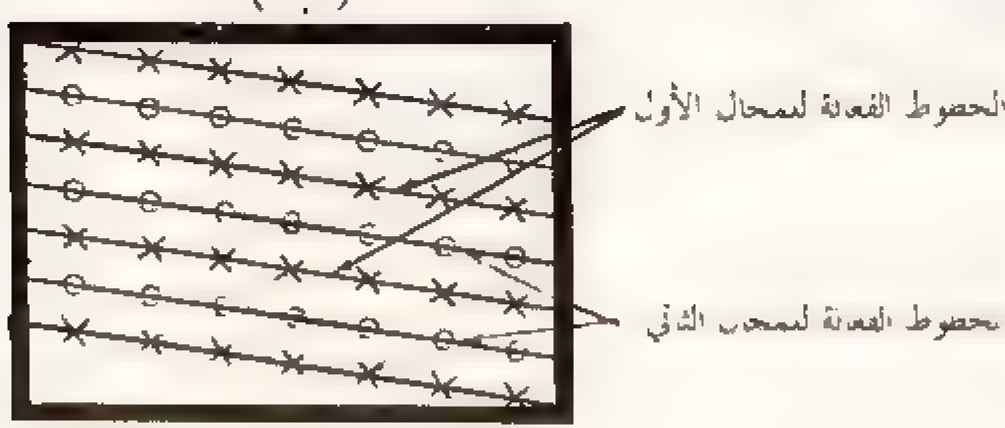
تم تطوير الكاميرا التليفزيونية فزادت حساسيتها ، ولم تعد هناك حاجة لاستخدام الاضواء المبهرة في الاستوديو لإضاءة المناظر لكي يستطيع الضوء المنعكس من المناظر لتكوين الصورة ، اخلاق عدد ملموس من الالكترونات ، تكفي لاعطاء اشارات أو نبضات كهربائية محسوسة لأجزاء الصورة .

فيتم تكـبير إشارة الصـورة في أحـد أنـواع الكاميرا

(أ)



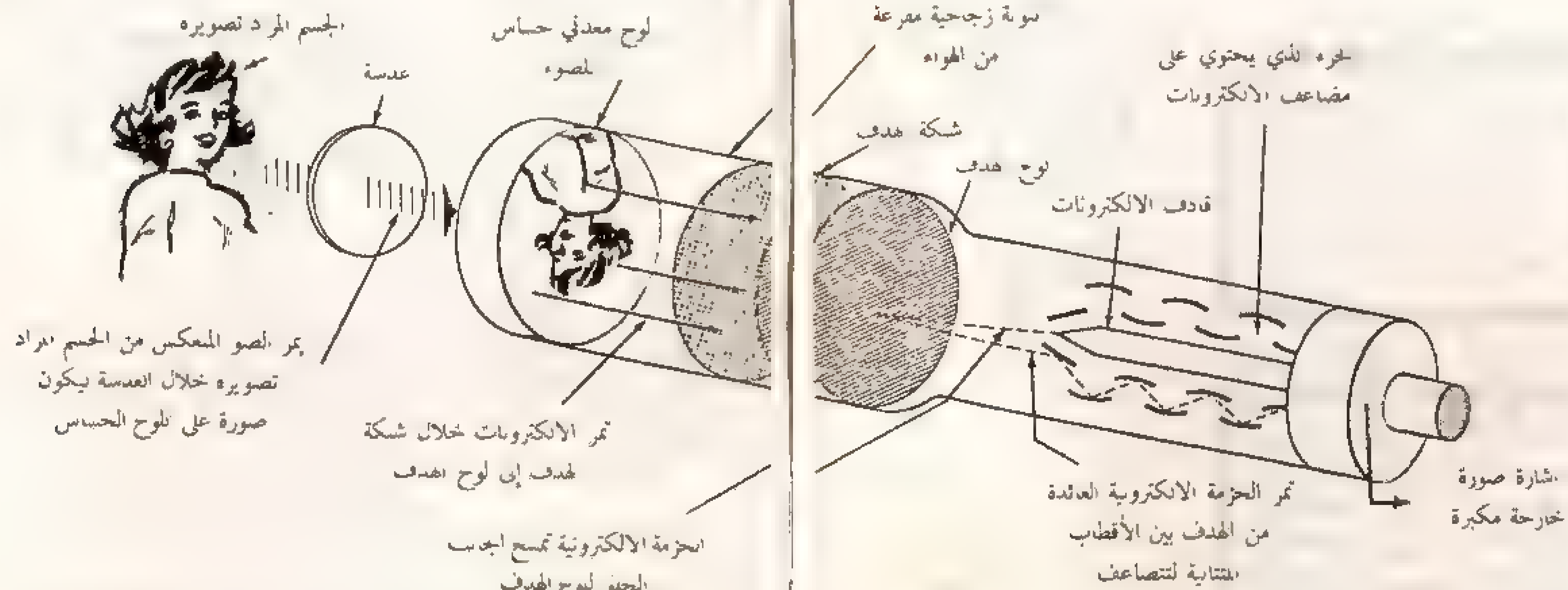
(ب)



التليفزيونية ، باستخدام طريقة مضاعفة الالكترونات داخل أنبوبة الكاميرا . والفكرة الأساسية في طريقة مضاعفة الالكترونات ، أن الالكترون عندما يسقط على سطح معدني يخرج من هذا السطح عدداً من الالكترونات الثانوية ، فإذا جعلنا هذه الالكترونات تسقط على سطح آخر أخرجت أعداداً مضاعفة من الالكترونات الثانوية وهكذا يمكن تكرار

هذه العملية ليتكاثر الالكترون الواحد فيعطينا مئات الالكترونات . وهذا ما يحدث في « الأورثيكون » وهو اسم الكاميرا التليفزيونية التي تعمل على أساس مضاعفة الالكترونات .

فتتكون الصورة على لوح حساس ضوئياً ، فتنبعث من أجزائها الكترونات ، بفعل الضوء ، متناسبة مع شدة

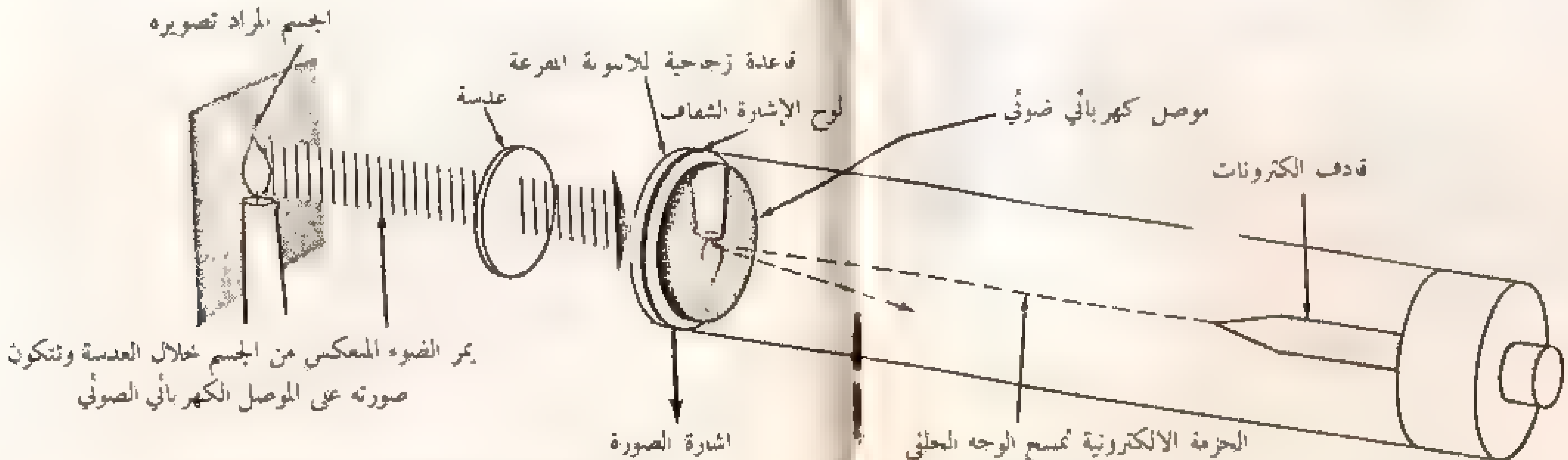


الكاميرا التليفزيونية (الاورثيكون)

استضاءة كل جزء ، وتسير هذه الالكترونات لتسقط على قرص معدني ، فتكسبه شحنات سالبة تختلف قيمتها بين مكان وآخر على اللوح ، أي يكون توزيع الشحنات على السطح مناظراً لتوزيع الإضاءة في الصورة . وعندما تمسح الحزمة الالكترونية المنبعثة من القاذف الالكتروني هذا السطح ، تعطي كل نقطة فيه عدداً من الالكترونات يكفي لتعادل هذه النقطة كهربائياً ، وتنعكس الحزمة الالكترونية من النقط المختلفة أثناء مسحها للسطح بعد أن تكون قد فقدت على التتابع أعداداً من الالكترونات مناظرة لشحنات النقط المختلفة ، أي للتوزيع الضوئي على الصورة الأصلية .

وتتجه الحزمة المنعكسة نحو سطوح معدنية موجبة الجهد لتصطدم بها على التعاقب ، ولتنتج عدداً من الالكترونات الثانوية التي تتضاعف بزيادة عدد السطوح التي تصطدم بها الحزمة ، وهكذا تنتج لنا في النهاية نبضات كهربائية متعاقبة مكبرة مناظرة لأجزاء الصورة .

ولقد أمكن إحراز نجاح جديد في إنتاج كاميرا تليفزيونية مطورة يطلق عليها اسم « الفيديكون » وفي هذه الكاميرا تستخدم خاصية التوصيل الكهربائي الضوئي ، وهي خاصية تتصف بها بعض المواد فيزيد توصيلها للتيار الكهربائي ، أي تقل مقاومتها ، بزيادة شدة الضوء الساقط عليها ، وبالتالي



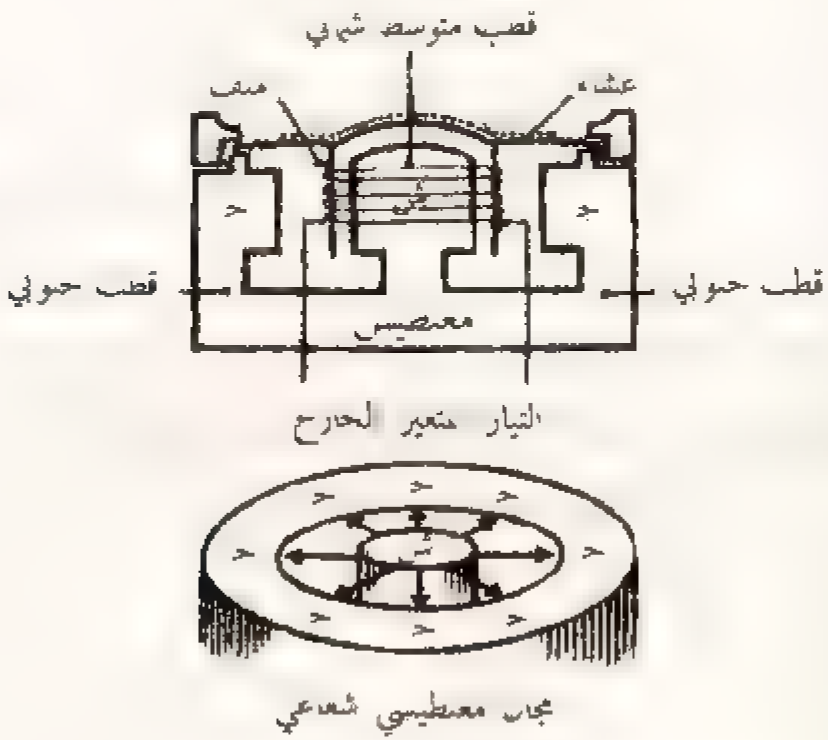
الكاميرا التليفزيونية (الفيديكون)

يكون التيار الكهربائي المتغير المناظر لأجزاء الصورة أكبر في قيمته من ذلك الناتج من الكاميرات السابقة .

الصوت يصحب الصورة

إن الميزة التي يتميز بها التليفزيون هي مصاحبة الصوت للصورة . وكما هي الحال مع الصورة ، تحول الموجات الصوتية بوساطة الميكروفون إلى تيارات كهربائية متغيرة الشدة ، تناظر تغيراتها المقاطع الصوتية المتتابعة . ويوجد الآن أنواع متعددة من الميكروفونات ، منها ميكروفون الحبيبات الكربونية ، والميكروفون الشريطي ، وميكروفون الملف المتحرك ، والميكروفون الالكتروستاتيكي . وفي جميع هذه الأنواع يوجد غشاء معدني رقيق يهتز عندما تسقط عليه الموجات الصوتية ، بحيث تكون اهتزازاته مناظرة للموجات الصوتية ، ويكون هذا الغشاء جزءاً من مجموعة كهربائية تتأثر بحركة الغشاء فتنتج تيارات كهربائية متغيرة مناظرة لحركة ، طبقاً لخصائص كهربائية ومغنطيسية معروفة . في ميكروفون الملف المتحرك يتصل الغشاء المعدني الرقيق بملف خفيف يمكن أن يتحرك في مجال مغنطيسي شعاعي ، ناتج عن مغنطيس مكون من أسطوانتين متحدتي المحور لهما

قاعدة مشتركة ، وتكون إحداهما القطب الشمالي والأخرى القطب الجنوبي ، وباهتزاز الغشاء ، يتحرك الملف إلى أعلى وأسفل في المجال المغنطيسي ، وينتج عن ذلك تيار كهربائي متغير « بالحث الكهرومغنطيسي » وتتوقف شدة التيار على السرعة التي يقطع بها الملف خطوط قوى المجال المغنطيسي ، وبالتالي تكون التغيرات في التيار الكهربائي مناظرة لحركة



الميكروفون ذو الملف المتحرك

الغشاء ، التي بدورها تكون مناظرة للموجات الصوتية الساقطة على الغشاء .

لدينا الآن إشارة الصورة الصادرة من الكاميرا ، وإشارة الصوت الصادرة من الميكروفون ، ولنرى كيف يتم نقل هاتين الإشارتين إلى أجهزة الاستقبال عبر المسافات الواسعة .

إشارات الصورة والصوت تحملها الموجات

يمكن نقل التيارات الكهربائية المتغيرة الناتجة عن تحويل أجزاء الصورة والصوت إلى كهرباء ، أو بعبارة أخرى اشارات الصورة والصوت ، بوساطة الأسلاك إلى أجهزة الاستقبال مباشرة .

ولكن عندما تبعد المسافات وتتعدد أجهزة الاستقبال يصبح استخدام الأسلاك أمراً بالغ الصعوبة وباهظ التكاليف . ولقد يسر الله لنا مطية أخرى سلسة القياد نحملها ما نشاء من رسائل لتنقلها إلى حيثما نشاء من الأماكن ، في زمن قصير جداً لا يتجاوز جزءاً من الثانية إذا كانت المسافة في حدود عشرات الألوف من الكيلومترات . تلك هي الموجات الكهرومغنطيسية التي تنتشر بسرعة مذهلة تبلغ ٣٠٠٠٠٠ كيلومتر في الثانية . أي أنها تدور حول الكرة الأرضية سبع مرات في أقل من الثانية .

والموجات الكهرومغنطيسية ، هي في الواقع تغيرات دورية في شدتي المجالين الكهربائي والمغنطيسي وتحدثها دوائر الكترونية خاصة وتبثها لتنتشر في الفضاء . فلكل شحنة كهربائية مجال فعل في الفضاء المحيط بها يظهر أثره في قوة الجذب أو التنافر التي تتعرض لها شحنة أخرى إذا وضعت في هذا المجال . وتقل شدة المجال أي تضعف قوة الجذب أو التنافر بالبعد عن الشحنة الكهربائية المحدثة له وتزيد بالقرب منها . فإذا تحركت شحنة حدث أمران :

١ – تتغير شدة المجال الكهربائي لهذه الشحنة عند نقطة معينة .

٢ – ينشأ مجال مغنطيسي مصاحب للشحنة في حركتها .

وإذا تحركت الشحنة الكهربائية في سلك مثلاً روحة وجيئة مكونة ذبذبات كهربائية ، فإن المجالين الكهربائي لهذه الشحنة عند نقطة معينة والمجال المغنطيسي الناشئ عن هذه النقطة نتيجة لحركة الشحنة يتغيران زيادة ونقصاناً مع حركة الشحنة في اقترابها من هذه النقطة وابتعادها عنها . ولا يقف الأمر عند هذا الحد ، بل إن التغيرات في المجالين الكهربائي والمغنطيسي الحادثة عند النقطة المشار إليها ، تعمل على إحداث مجالات كهربائية ومغنطيسية في الفضاء المحيط بهذه النقطة ، وينتقل هذا التأثير من نقطة إلى أخرى

بسرعة مذهلة تبلغ ٣٠٠٠٠٠ كيلومتر في الثانية . وهكذا تنشأ الموجات الكهرومغنطيسية . ولكل موجة تردد أي عدد الذبذبات التي تصنعها الشحنة الكهربائية في الثانية . كما أن للموجة طول يساوي خارج قسمة سرعتها على ترددها. فإذا كان التردد مليون ذبذبة في الثانية (أو هيرتز) فإن طول الموجة

$$\text{يساوي } \frac{\text{٣٠٠٠٠٠٠٠٠ متر في الثانية}}{\text{١٠٠٠٠٠٠ هيرتز}} = \text{٣٠٠ متر .}$$

والموجة التي ترددها ١٠ ملايين هيرتز يكون طولها الموجي ٣٠ متراً. وتستخدم الموجات الكهرومغنطيسية في أغراض متعددة منها نقل إشارات الصوت في التليفون اللاسلكي والراديو ، ونقل اشارات الصورة والصوت في التليفزيون ، وفي الرادار ، وغير ذلك من التطبيقات الهامة .

وتستلزم مجـالات الاستخدام المختلفـة للموجـات الكهرومغنطيسية مدى ترددات ، أو مدى أطوال موجات معينة . في الراديو مثلاً تستخدم موجات لها أطوال موجات تقع في مدى يمتد من ١٥٠٠ متر إلى ١٣ متراً . وفي التليفزيون تستخدم أطوال موجية في حدود تقع بين خمسة أمتار ونصف المتر وفي الرادار يكون طول الموجة بضعة سنتيمترات . وكلما

قصر طول الموجة أمكن إرسالها على هيئة شعاع محدد التوجيه ، وهذا هو السر في استخدام الموجات البالغة القصر في الرادار لإمكان توجيه الشعاع الكهرومغنطيسي . ومن الخصائص الهامة للموجات الكهرومغنطيسية أنها تنعكس من السطوح الموصلة للكهرباء . فالموجات التي يقع طولها في حدود عشرات الأمتار تنعكس من طبقة الايونوسفير ، وهي طبقة من الجو المحيط بالأرض تحمل أيونات مكهربة على ارتفاع نحو عشرين كيلومتراً من سطح الأرض . ولكن إذا قصر طول الموجة كثيراً عن ذلك فإن الموجات تستطيع اختراق هذه الطبقة . كما أن الموجات الكهرومغنطيسية تنعكس أيضاً من السطوح المعدنية . وتخضع في انعكاسها لقانوني انعكاس الضوء ، وبذلك يمكن معالجتها من هذه الناحية مثل معالجة الأشعة الضوئية .

تعديل الموجات الكهرومغنطيسية

إن الموجات الكهرومغنطيسية هي الوعاء الحامل لإشارات الصورة والصوت ، وهي المطية التي تنقل هذه الاشارات من محطات الإرسال إلى أجهزة الاستقبال في كـل مكان .

فوظيفة محطة الإرسال ، إذن ، هي « تعديل » الموجات



مرحل الموجات القصيرة جداً

الكهرومغنطيسية بإشارات الصورة أو إشارات الصوت ، أو بعبارة أخرى تحميلها بهذه الإشارات . فيوجد في محطة الإرسال أجهزة الكترونية خاصة لتوليد تيارات كهربائية مترددة عالية التردد ، وتسمى هذه الأجهزة « متذبذبات » ، ويضبط تردد المتذبذبات بحيث يساوي قيمة ثابتة باستمرار تزيد على معدلات تغير الإشارة المطلوب نقلها .

ولقد ذكرنا فيما سبق أن إشارات الصورة تحدث بمعدل ١٣١٢٥٠٠٠ إشارة في الثانية وعلى ذلك يلزم أن يزيد تردد المتذبذب على هذا المقدار . وعلى ذلك تستخدم لنقل الصورة ترددات تقع في حدود تتراوح بين ٥٤ مليون هيرتز و ٨٩٠ مليون هيرتز .

وتنقل إشارات الصورة والصوت من الاستوديو إلى محطة الإرسال بوساطة الأسلاك أو محمولة على موجات دقيقة قصيرة الموجة جداً . وفي محطة الإرسال تمزج هذه الإشارات بالتيارات المتذبذبة المتولدة في المتذبذب الالكتروني ، فتعدلها ، وهكذا يخرج من الدوائر الالكترونية تيار متردد هو حصيلة جمع التيار المتغير المكون لإشارات الصورة أو الصوت ، والتيار الذي يولده المتذبذب الموجود في محطة الإرسال . ويكون تردد التيار الجديد هو تردد المتذبذب ،

ولكن شداته معدلة نتيجة مزج التيارين ، تيار الإشارات وتيار المتذبذب ، ويحمل هذا التيار الجديد سلك إلى الهوائي الذي يشع الموجات الكهرومغنطيسية المعدلة في الفضاء نتيجة مرور التيار المتذبذب المعدل فيه روحة وجيئة . ويلاحظ أن طول الهوائي يساوي نصف طول الموجة التي يشعها ، وعلى ذلك فإشعاع موجة طولها ١,٥ متر يلزم أن يكون طول الهوائي ٧٥ سم . ويحيط بهذا الهوائي سطح معدني على شكل الطبق ليعكس ما يصل إليه من موجات ويوجهها في الاتجاه المطلوب .

الموجات الكهرومغنطيسية القصيرة
تسير في خطوط مستقيمة

تسير الموجات الكهرومغنطيسية القصيرة في خطوط مستقيمة . ونظراً لانحناء سطح الأرض ، فمن الصعب أن تصل هذه الموجات إلى مسافات بعيدة . وعلى ذلك فلكي يغطي الإرسال منطقة واسعة يوضع الهوائي على قمة برج قائم على أعلى مكان في المنطقة . وإذا أريد توسيع مدى الإرسال ، ليصل إلى مسافات أبعد من نطاق الهوائي ، توضع هوائيات على مسافات مناسبة فوق أبراج عالية لاستقبال



القمر الصناعي تلستار

الموجات الكهرومغنطيسية ثم إعادة إرسالها وتسمى هذه الأبراج « المرحلات » . ولقد أمكن بفضل الأقمار الصناعية توصيل الإرسال إلى مسافات بعيدة جداً . فيمكن الآن إرسال واستقبال الصورة والصوت بين مكانين يقعان في نصفي الكرة الأرضية المتقابلين . والقمر الصناعي المستخدم في الاتصالات « التلستار » جسم شبيه بالبالون سطحه مغطى بطبقة من الألومنيوم ، ولقد أطلق ليدور حول الأرض في مدار بسرعة تساوي سرعة دوزان الأرض حول نفسها ، وبالتالي فهو يبدو للناظر إليه من الأرض كما لو كان ساكناً ، إذ أنه يتحرك بسرعة مساوية لسرعة دورانها . وهكذا يبدو كما لو كان برجاً عالياً معلقاً في الفضاء . وتوجه إليه الموجات الكهرومغنطيسية فتصطدم به ثم تنعكس منه بزاوية انعكاس مساوية لزاوية السقوط وتصل إلى بقعة محددة من الأرض حيث تستقبلها محطة أرضية خاصة ، ويعاد إرسالها على الموجات المحلية المحددة لتلك المنطقة . وبهذه الطريقة شاهد جميع سكان العالم مباريات الدورة الأولمبية التي أقيمت في مونتريال عام ١٩٧٦ ، وبهذه الطريقة أيضاً تنقل الأحداث الهامة عبر القارات والمحيطات ليشاهدها الناس في جميع أنحاء العالم .

التنغيم

إن المدخل الأساسي لكل من الاستقبال التليفزيوني والإذاعي (الراديو) هو الهوائي ، ودائرة التنغيم ، أي الدائرة الكهربائية التي تسمح بانسياب التيار المتذبذب فيها . وهذه الدائرة الكهربائية مركبة من أجزاء خاصة بتصميم معين ، بحيث إذا أمدت بشحنة كهربائية ، فإن هذه الشحنة تنساب في الدائرة في اتجاه معين ، فإذا ما أكملت دورتها في الدائرة الكهربائية ، عادت في طريقها في الاتجاه المضاد ، وتظل في رحلاتها ذهاباً وعودة ، بانتظام ، وفي كل دورة تفقد جزءاً من طاقتها نتيجة مقاومة مكونات الدائرة للتيار إلى أن تتلاشى . والزمن الذي يكمل فيه التيار دورته في الدائرة ثابت ويتوقف على مكوناتها . فتتميز كل دائرة بزمن ذبذبة معين . ويسمى عدد الذبذبات في الثانية « بالتردد » ، فلكل دائرة متذبذبة تردد خاص مميز لها . هذا ويمكن الحفاظ على استمرار الذبذبات في الدائرة بإمدادها بمزيد من الشحنات الكهربائية على فترات زمنية معينة يمكن حسابها لكل دائرة .

وتتصف جميع الأجسام أو التركيبات المتذبذبة بخاصية فريدة ، هي الرنين . والرنين هي اهتزاز الجسم أو التركيب

متأثراً باهتزاز جسم أو تركيب آخر مساو له في التردد . فإذا طرقنا شوكة رنانة ذات تردد معين ، ووضعنا بجانبها شوكة رنانة لها نفس التردد نجد أن هذه الشوكة الأخيرة تهتز بدون أن نطرقها بل تتذبذب متأثرة بذبذبات الشوكة المتذبذبة . وكذلك الحال في الدوائر الكهربائية المتذبذبة فإذا مر تيار متذبذب في دائرة تذبذبية ، وضع بالقرب منها وبدون اتصال بها دائرة تذبذبية أخرى مساوية لها في التردد ، نجد أن تياراً متذبذباً يمر في الدائرة الثانية . وبالمثل إذا مرت موجة كهرومغنطيسية ذات تردد معين بهوائي متصل بدائرة تذبذبية لها نفس تردد هذه الموجة ، فإن الدائرة الكهربائية تلتقطها ويتولد فيها تيار متذبذب له الصفات نفسها التي تحملها الموجة .

وهذه أولى مراحل الاستقبال ، فيحتوي جهاز الاستقبال على دائرة تذبذبية يمكن تغيير مكوناتها ، لتكون لها ترددات معينة ، وتسمى هذه الدائرة « دائرة التنغيم » . فمفتاح القنوات والمحطات هو الوسيلة لتغيير مكونات دائرة التنغيم . وعندما نريد مشاهدة برنامج قناة معينة فإننا ندير مفتاح القنوات لتعديل مكونات دائرة التنغيم لكي يصبح ترددها مساوياً تماماً لتردد الموجة الحاملة لإشارات الصورة والصوت لهذا البرنامج التي أشعها هوائي محطة الإرسال وبثها في الفضاء .

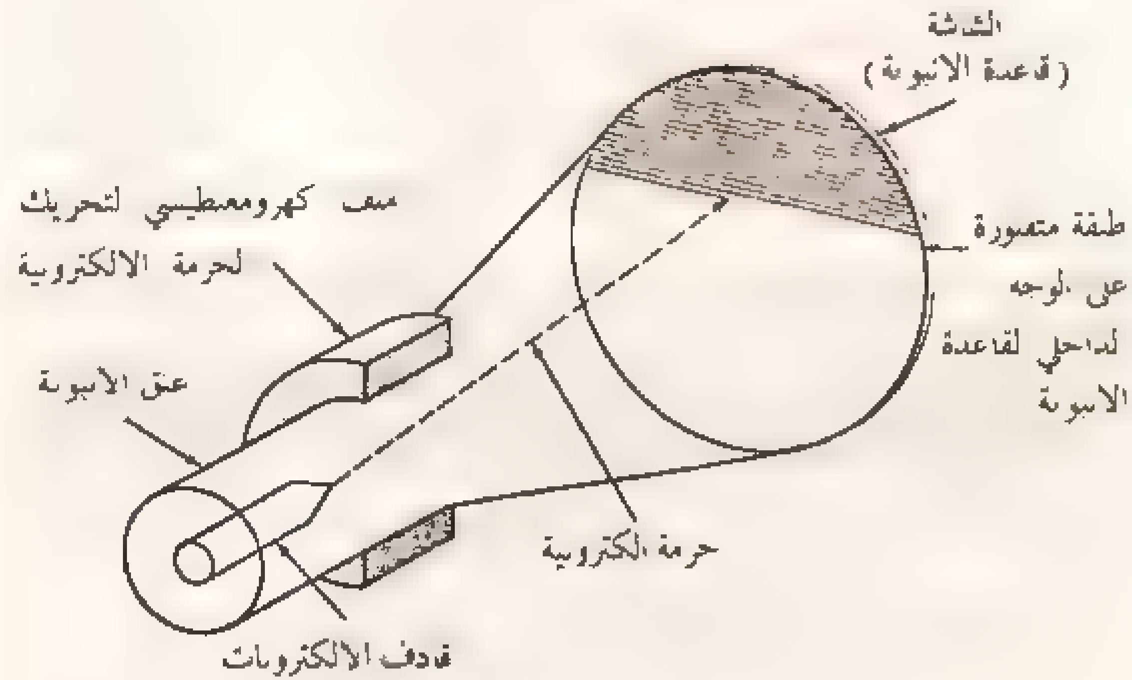
رؤية الصورة وسماع الصوت

إنّ التقاط الموجات الكهرومغنطيسية ، وتحولها إلى تيار متذبذب في دائرة التنغيم يكون المرحلة الأولى من الاستقبال . وهذه التيارات المتذبذبة تكون ضعيفة جداً ، فتتناولها دوائر الكترونية خاصة لتكبيرها . ثم تأتي المرحلة الثانية وهي فصل إشارات الصورة عن إشارات الصوت . وتم هذه العملية في دوائر الكترونية خاصة تستطيع التمييز بين نوعي الاشارات وفصلهما . ثم توجه إشارات الصوت إلى دوائر الكترونية تقومها ، أي تستخلص التيارات الكهربائية المناظرة لتيارات الميكروفون من الموجة الحاملة . ثم تكبرها ، وبعد ذلك تتجه إلى السماعة (مكبر الصوت) فنسمع البرنامج الصوتي .

وتحدث المراحل نفسها لإشارات الصورة ، فتوجد دوائر الكترونية خاصة لتقويمها ثم تكبيرها ، ثم توجه إلى أنبوبة الشاشة ، التي هي في الواقع أنبوبة الأشعة الالكترونية ذات القاعدة المتفلورة السابق شرحها .

لقد ذكرنا من قبل أن الحزمة الالكترونية المتجمعة تلتقي في نقطة على قاعدة الأنبوبة التي تكون شاشة التليفزيون . وما يحدث في جهاز الاستقبال هو أن هذه الحزمة تمسح الشاشة في خطوط قريبة من الأفقية بالكيفية نفسها تماماً

التي تمسح بها الحزمة الالكترونية الصورة الفسيفسائية في الكاميرا التيلفزيونية ، مع تزامن الحزمتين في أنبوبة الصورة في جهاز الاستقبال والكاميرا التيلفزيونية ، أي أن الحزمتين تكونان في نفس الموقع من الصورة الفسيفسائية ومن قاعدة أنبوبة الصورة (الشاشة) في نفس اللحظة . وتتحكم إشارة الصورة في عدد الالكترونات المكونة للحزمة ، فإذا كانت الإشارة مناظرة لبقعة ناصعة من الصورة ، فإنها تعمل على



أنبوبة الاستقبال (الشاشة)

زيادة عدد الالكترونات في الحزمة مسببة نصوع نقطة التقائها مع الشاشة ، وإذا كانت الإشارة مناظرة لبقعة خافتة فإنها تعمل على خفض عدد الكترونات الحزمة فتظهر نقطة التقائها بالشاشة خافتة ، وهكذا تستعاد الصورة الفسيفسائية على الشاشة التيلفزيونية المتفلورة .

تتابع الصور وإحساس العين بالحركة

يتكون العرض السينمائي وكذلك العرض التيلفزيوني من صور متتابعة ، لو نظرنا إلى كل صورة منها على انفراد نجد أنها تمثل منظراً ساكناً ، ولكن تتابعها يعطينا الإحساس بالحركة . وهذا الإحساس ناتج عن صفة خاصة تتصف بها العين البشرية ، هي « بقاء الرؤية » . فإذا نظرت العين إلى شيء ثم أزيل هذا الشيء ، يظل الإحساس برؤيته باقياً لفترة قصيرة تبلغ نحو $\frac{١}{٢٠}$ من الثانية . وعلى ذلك فإذا تتابعت صور المناظر الساكنة ، بحيث تكون الفترة التي تفصل بين الصورة والأخرى التي تليها أقل من $\frac{١}{٢٠}$ من الثانية فإن العين لا تحس بكل منظر ساكن على حدة ، ولكن يبدو لها أن الأشياء متحركة إذا تغيرت مواقعها في الصور الفردية .

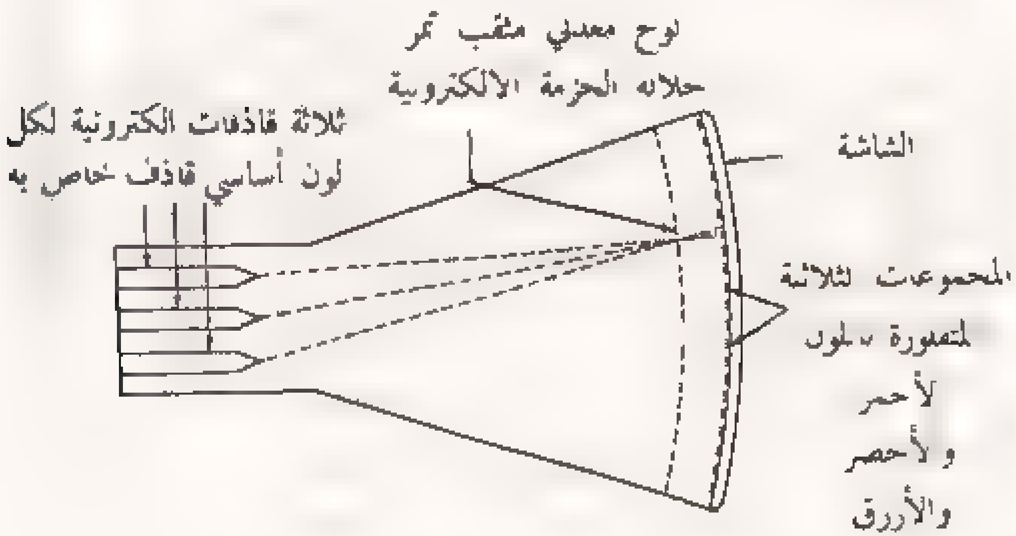
ولبقاء الرؤية فضل آخر في الرؤية التليفزيونية ، فالصورة التيفزيونية تحدث في الواقع من حركة نقطة واحدة مضيئة على شاشة التليفزيون بحيث ترسم ٦٢٥ خطاً لتكون صورة واحدة مفردة ، وتعطي ٢٥ صورة في الثانية الواحدة ، وعلى ذلك لا يمكن للعين أن ترى النقطة مفردة ، ولكنها ترى الصورة كما لو كانت قد تكونت جميع أجزائها في نفس اللحظة . كما أنها تحس بالحركة في العرض التليفزيوني نتيجة تتابع الصور بمعدل ٢٥ صورة في الثانية .

صور تليفزيونية زاهية الألوان

لم يقنع العلماء والمهندسون بنقل الأحداث صورة وصوتاً عبر الفضاء بدون ألوان ، فسعوا ونجحوا في سعيهم إلى جعل الصورة أصدق تعبيراً ، وأبهى منظراً بنقلها بألوانها الطبيعية . وكانت الطريقة هي تكوين الصورة بالألوان الثلاثة الأساسية التي تحس بها العين ، وهي الأحمر والأخضر والأزرق . في شبكية العين ثلاثة أنواع من أطراف الأعصاب تسمى « مخروطات » وهذه المخروطات موزعة على سطح الشبكية وتحس مجموعة منها باللون الأحمر وتحس المجموعة الثانية باللون الأخضر ، وتحس المجموعة الثالثة باللون الأزرق .

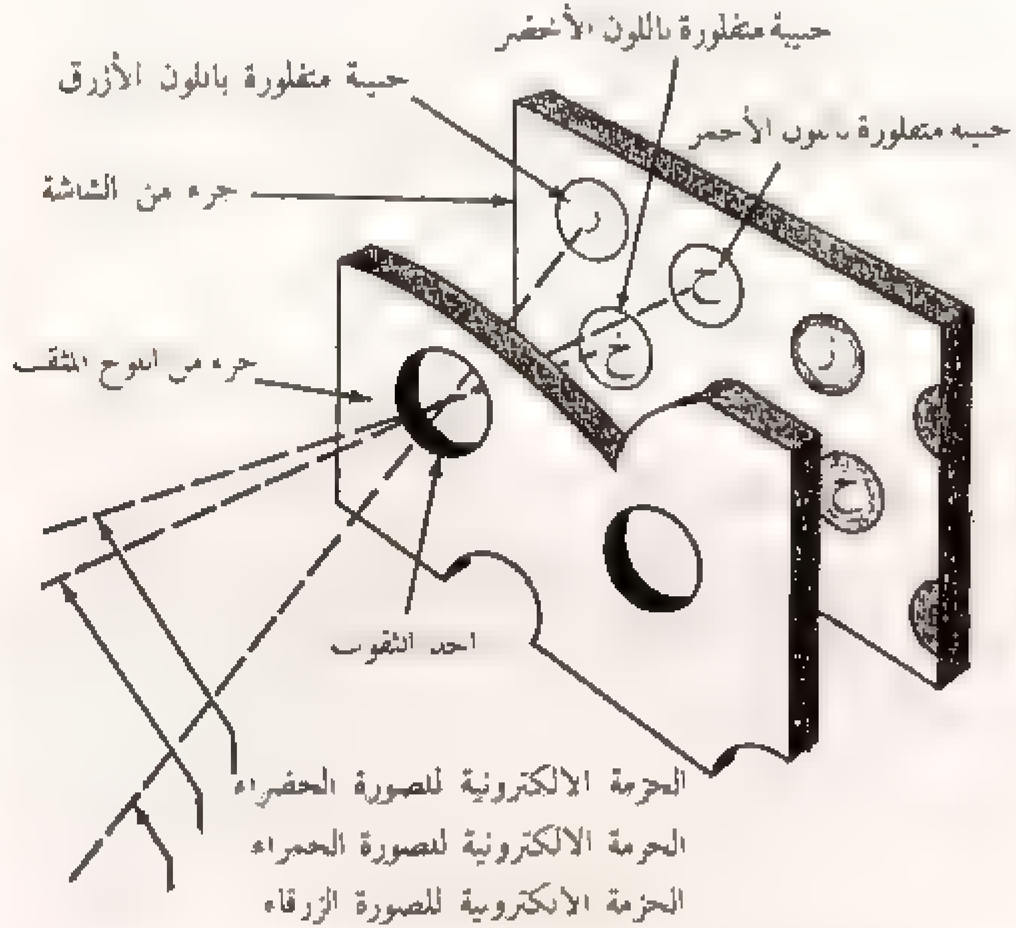
فإذا تكونت صورة ملونة على شبكية العين ، تنبهت المخروطات بدرجات متفاوتة طبقاً لدرجة تشبع المكونات اللونية الثلاثة الأساسية . وأرسلت رسائلها إلى المخ ليكون منها جميعاً الإحساس باللون .

وعلى هذا الأساس بني الإرسال والاستقبال التليفزيوني الملون . فيصور المنظر بثلاث كاميرات ، إحداها تختص بالمركبة الحمراء من المنظر ، سواء كان هذا اللون الأحمر قائماً بذاته أو أحد مكونات لون مركب ، وتختص الكاميرا الثانية بالمركبة الزرقاء ، وتختص الكاميرا الثالثة بالمركبة



أنبوبة استقبال التليفزيون الملون

الخضراء . ويتم فصل هذه المركبات بوساطة ثلاث مرايا خاصة تستقبل الأشعة المنعكسة من المنظر الذي يجري تصويره من خلال عدسة ، وتمتص إحدى المرايا جميع المركبات اللونية ما عدا المركبة الزرقاء ، فتعكسها إلى إحدى الكاميرات ، وتعمل المرآتان الأخريان العمل نفسه لكل من المركبتين



تفاصيل اللوح المعدني المثقب والمجموعات الثلاثية المتفلورة

الحمراء والخضراء ، وهكذا تخرج من الكاميرات الثلاث ، ثلاث إشارات للصورة ، تعدل بها الموجة الحاملة .

وفي جهاز الاستقبال ، تحتوي أنبوبة الصورة على ثلاث قاذفات الكترونية ، أي أن بها ثلاث حزم الكترونية تمسح الشاشة ، وبعد استقبال الموجة وفصل الاشارات الثلاث تتحكم كل إشارة لونية في حزمة من الحزم الثلاث . أما المادة المتفلورة التي تغطي قاعدة أنبوبة الصورة فتتكون من الآلاف من المجموعات الثلاثية ، تحتوي كل مجموعة على ثلاث حبيبات ، تظهر إحداها لوناً أحمر باصطدام الالكترونات بها والأخرى تعطي لوناً أزرق والثالثة تعطي لوناً أخضر . ويوضع في طريق الحزم الالكترونية الثلاث وقريباً من القاعدة المتفلورة (الشاشة) لوح معدني مثقب ثقوباً كثيرة ، ومهيأ بحيث إذا مرت الحزم الالكترونية الثلاث خلال إحدى الثقوب أثناء مسحها المتزامن للشاشة فإن الحزمة التي تتحكم فيها الإشارة الحمراء تسقط على الحبيبة التي تعطي اللون الأحمر وكذلك الحال مع الحزمتين الأخريين ، وهكذا تستحدث على الشاشة ثلاث صور بالمكونات اللونية الأساسية ، تحس بها العين كما لو كانت صورة بالألوان الطبيعية .

جولة في استوديو التليفزيون أثناء العمل

إننا في استرخائنا أمام جهاز التليفزيون للاستمتاع ببرامجنا المفضلة ، قد لا يعنينا كثيراً الأسماء التي تظهر في مقدمة البرنامج وفي نهايته . لقد شارك أصحاب هذه الأسماء كل بجهده وفنه في إتاحة المتعة لنا . فظهور الصورة والصوت على شاشة التليفزيون يعني عمل مضني وعرق متصبب من فريق العمل المكون من فنانين وفنيين ومهندسين ومصورين وخطاطين ورسامين وغيرهم من أصحاب المهن والحرف المختلفة يقودهم جميعاً المخرج . فالاستوديو الذي لا يظهر لنا منه إلا مجموعة من الممثلين أو مطرب واحد يضم عدداً من العاملين في صمت يأتمرون بأوامر المخرج الذي يلقي إليهم بتعليماته من وراء نافذة زجاجية في غرفة المراقبة عن طريق ميكروفون متصل بسماعات مثبتة على آذانهم باستمرار . والاستوديو ردهة فسيحة بها مجموعة من الكاميرات والميكروفونات وكذلك المناظر وقطع الأثاث التي تكون إطار الصورة . فالكاميرات تجري على عجل والميكروفونات تتدلى من قوائم خاصة أو مثبتة في أماكن معينة .

ولا يبدأ التصوير إلا بعد أن يكون كل فرد من أفراد الفريق قد عرف الدور الذي يؤديه سواء كان هذا الفرد

من الذين سيظهرون على مسرح التصوير أو من العاملين الذين لا تظهر صورهم ولا يسمع صوتهم . وقد يتطلب التدريب على الأداء وقتاً طويلاً .

وعندما يبدأ التصوير يتخذ كل فرد من الفريق موقعه



أمام الكاميرات أو خلفها أو في حجرة المراقبة أو في الأماكن الأخرى التي تسهم في توصيل البرنامج إلى المشاهدين . ويتخذ المخرج موقعه في حجرة المراقبة وأمامه نضد عليه مجموعة من المفاتيح الكهربائية والأجهزة وعدد من أجهزة الاستقبال كل واحد منها متصل بكاميرا من الكاميرات يرى من خلاله ما تصوره هذه الكاميرا ويسمى جهاز الاستقبال هذا « مرقاب » . ويصدر المخرج تعليماته ببدء الأداء ، ويوالي إصدار تعليماته إلى رجال التصوير فيلتقطون الصور من زوايا مختلفة طبقاً لما يأمر به وتظهر أمامه في كل مرقاب الصور التي التقطتها الكاميرات كل على حدة فيختار منها الصورة التي يرى إرسالها إلى المشاهد وذلك بإدارة مفتاح خاص كما يمكنه مزج صورتين لتكون منظراً واحداً ، وهكذا يستمر العمل حتى ينتهي البرنامج . عندئذ تهدأ أعصابه لتبدأ إثارة مشاعره من مادح يثني على جهده أو قادح يؤلمه بلاذع الكلام .

مطابع الشروق
بيروت : ص.ب : ٨٠٦٤ - هاتف : ٣١٥٨٥٩ - ٣١٥٢٠٣ - برقياً : داشروق
القاهرة : ١٦ شارع جواد حسني - هاتف : ٧٧٤٨١٤ - برقياً : شروق القاهرة

مطابع الشروق


عرب كوميكس
www.arabcomics.net
هذا العمل لهواة القصص المصورة و لا يهدف للربح بل هدفه توفير المتعة الأدبية لكل من يهتم بهذا الفن
الرجاء حذف هذا الملف بعد قراءته و شراء النسخة الأصلية الورقية عند توفرها في الأسواق لدعم استمرايتها